DISSERTATION SUR LES GLOBES AÉROSTATIQUES, PAR M. DE PARCIEUX, …

Margh. Thérèse : de Mugein

DISSERTATION

SUR

LES GLOBES AÉROSTATIQUES.

DISSERTATION

SUR

LES GLOBES AÉROSTATIQUES,

Par M. DE PARCIEUX, Professeur de Physique, Neveu de l'Académicien de ce nom.



A PARIS,

Chez l'AUTEUR, rue de Bourbon, F. S. G. N°. 36.

M. DCC. LXXXIII.

PRÉFACE.

CETTE Dissertation, dont le Public a vu des extraits dans quelques Journaux il y a plus de trois mois, n'étoit pas destinée à voir le jour; nous ne l'avions composée que pour notre instruction, & en faveur des personnes qui suivent nos *Cours de Physique* : des raisons particulieres nous ont engagé à la donner à l'impression. Tout le monde sait aujourd'hui que *MM. de Montgolfier* ont conçu l'idée de leur expérience en réfléchissant sur le gaz inflammable qui est beaucoup plus léger que l'air ordinaire; mais qu'après avoir vu la possibilité de réussir avec ce gaz, ils ont cru devoir l'abandonner, & substituer à cette opération, qui est très-longue & très-coûteuse, un autre procédé beaucoup moins dispendieux & plus expéditif. On trouvera ici l'explication de ce procédé; une Histoire très-succincte de cette découverte; l'exposition du sentiment de *Borelli* sur la navigation aérienne à l'aide des Ballons aérostatiques vides d'air; le moyen que nous avons proposé pour monter & descendre dans l'air à volonté avec un Ballon plein de gaz inflammable auquel seroit adapté un reservoir d'eau ou de

toute autre liqueur ; la cause de la chûte des Ballons déduite des principes de la Statique & d'une expérience fort simple que nous avons faite plusieurs fois sur l'élasticité des gaz ; une maniere de décrire ou de tracer les fuseaux des Globes, plus exacte que celle qui est usitée parmi les Géographes ; des *Tables* utiles & commodes sur les circonférences, les surfaces & les capacités de différens Globes dont les diametres croîtroient de pié en pie depuis 1 jusqu'à 36, sur les poids absolus des volumes d'air qu'ils peuvent déplacer, & du gaz inflammable qu'ils peuvent contenir, sur les hauteurs auxquelles ils devroient se mettre en équilibre avec l'atmosphere, & plusieurs observations intéressantes sur la maniere de les remplir pour qu'ils ne soient point exposés à être brisés par la réaction du gaz. La découverte de *MM. de Montgolfier* se réduit en derniere analyse à ce *Problême* nouveau : *Faire monter au travers d'un fluide élastique qui est en repos ou en mouvement, un autre fluide élastique plus léger, retenu dans une enveloppe pesante & flexible.*





DISSERTATION

SUR

LES GLOBES AÉROSTATIQUES.

VERS la fin du mois de *Juin 1783*, des lettres écrites d'*Annonay* dans le *Vivarais*, nous apprirent le résultat d'une expérience aussi singuliere qu'elle est ingénieuse. On y avoit construit, disoit-on, un Globe de 32 ou 35 piés de diametre, qui, ayant été rempli de *gaz inflammable*, s'étoit élevé de lui-même dans les airs, à perte de vue, d'où il étoit descendu quelque temps après. Dès que cette nouvelle, quoique vague & peu circonstanciée, fut répandue dans le Public, les Physiciens se rappelant que le *gaz inflammable* est beaucoup plus léger que l'air, reconnurent la possibilité du fait, & demeurerent un peu étonnés de n'avoir point imaginé eux-mêmes cette expérience qui prouve d'une maniere très-frappante & la pesanteur absolue de l'air que nous respirons, & la légéreté respective de cette substance aériforme appellée aujour-

d'hui *gaz inflammable*. Consulté sur cet objet par différentes personnes, je répondis que le *gaz inflammable* étant à l'air de l'atmosphere comme 13 à 107, tandis que ce même air est à l'eau distillée comme 1 à 833, un Ballon de 35 piés de diametre ou d'environ 3848 piés quarrés de superficie, & 22449 piés cubes de capacité, devoit déplacer 1886 *liv.* d'air, & ne contenir que 229 *liv.* de *gaz inflammable*. J'ajoutai qu'en faisant ce Ballon avec des matieres flexibles pour qu'on pût le plisser, le rouler, l'applatir comme une vessie, & en expulser l'air atmosphérique, il devoit, dès qu'il seroit plein de *gaz inflammable*, monter de lui-même dans les airs, pesât-il plus de 4 onces par pié quarré de superficie, & s'élever ainsi jusqu'à une certaine hauteur susceptible d'être calculée.

Les Journaux ne tarderent pas à faire mention de cette découverte, & l'on sut alors que la Physique en étoit redevable à *MM. de Montgolfier*, propriétaires d'une très-belle Manufacture de papiers établie à Annonay. Voici le détail de cette expérience tel qu'il fut publié, ou du moins à peu-près. « Les dé» couvertes faites depuis quelques années sur le gaz
» inflammable, ont engagé *MM. de Montgolfier* à
» construire un globe de 35 piés de diametre, avec
» de la toile montée sur une charpente de bois ou
» de fil-de fer, & enduite de papier collé. Le 5 Juin
» 1783, ils y ont introduit du *gaz inflammable* qu'ils
» se sont procuré en faisant brûler de la paille mouil» lée, & dès que le globe a été rempli, il s'est élevé
» de lui-même à perte de vue, à une hauteur de 500
» toises suivant les uns, de 100 toises suivant d'autres:
» il est retombé 10 minutes après, à cause de la dé» perdition du gaz qu'il renfermoit. Ce Globe déplaçoit
» 2156 livres d'air, & pesoit 500 livres; mais comme

» le gaz ne pesoit que 1078 livres, il y avoit un excès
» de 578 livres pour la force avec laquelle le Globe
» tendoit à s'élever. Si on l'eût rempli de gaz inflam-
» mable tiré du fer, on auroit eu 8 ou 10 fois plus
» davantage par la légéreté du Globe, mais l'expé-
» rience deviendroit bien plus coûteuse par cette voie ».

Quoique ce détail paroisse clair & lumineux, il faut avouer, cependant, que les Physiciens ne purent se former aucune idée du gaz inflammable extrait en faisant brûler de la paille mouillée. Pour ce qui est de la hauteur à laquelle le Globe avoit dû trouver son équilibre, elle n'étoit point exagerée; sans quelque causa accidentelle, il se seroit élevé à plus de 1200 toises.

Une expérience aussi singuliere avoit fait trop de sensation dans le Public, pour qu'on ne s'empressât point de la répéter; malheureusement elle est coûteuse, elle ne peut se faire qu'avec beaucoup de frais & d'appareil: il y eut, en conséquence, une souscription de proposée, & qui fut remplie en très-peu de temps. Dès-lors il fut décidé que l'on construiroit un Globe de 12 piés de diametre avec du taffetas enduit de gomme élastique, semblable à peu-près à celui dont on fait usage depuis quelques années pour des vêtemens impénétrables à l'air & à la pluie. Il fut décidé encore qu'en attendant une explication plus instructive du procédé de *MM. de Montgolfier*, on empliroit le Globe avec du gaz inflammable ordinaire, c'est-à-dire, extrait du fer par l'intermède de l'acide vitriolique, opération que l'on prévoyoit bien devoir être longue & dispendieuse, mais dont le succès ne paroissoit point douteux.

Le 27 Août 1783, à 5 heures du soir, l'expérience de MM. les Souscripteurs fut faite au Champ de Mars, avec une affluence de monde dont il y a peu d'exem-

ples. Le résultat fut conforme à celui que *MM. de Montgolfier* avoient eu à *Annonay* : le Globe s'éleva de lui-même, & disparut en 2 minutes 21 secondes à la hauteur de 488 toises dans un gros nuage qui fondoit en pluie. Il prit la direction du vent, & alla retomber, au bout de trois quarts-d'heure, à *Gonesse*, à 9000 toises de distance du lieu de son départ. Malgré cette chûte, à laquelle on auroit dû s'attendre, on peut dire que le succès de l'expérience fut complet : la découverte de *MM. de Montgolfier* ne trouva plus d'incrédules.

Quelques jours après, on vit paroître des petits Ballons faits avec de la *baudruche*, membrane très-mince qui tapisse l'intérieur des boyaux de bœuf, & dont se servent les *Batteurs d'or*. Ces Ballons se sont multipliés presqu'à l'infini ; mais ils ne forment qu'un spectacle amusant & de peu de durée

Enfin, le 19 Septembre suivant, *M. de Mongolfier* répéta lui-même à *Versailles* son expérience d'*Annonay*, sous les yeux de LEURS MAJESTÉS, & d'un nombre infini de Spectateurs. La *Fig.* 2 représente la coupe verticale d'un Globe aérostatique prêt à s'élever dans les airs, ainsi que de l'appareil nécessaire au succès de l'expérience, mais il a été impossible de dessiner toutes les pieces dans leurs justes proportions, & pour éviter la confusion des lignes, on n'a point représenté plusieurs cordes qui doivent retenir le Ballon, & que l'on coupe au moment qu'on veut le mettre en liberté. *AB* est un parquet de planches assemblées à rainures, & portées par des chevalets de bois à 6 ou 7 piés de terre ; à son centre est une large ouverture, & en *A* & en *B* sont des poteaux *AR*, *BP*, solidement attachés, garnis à leurs extrêmités supérieures des poulies de renvoi *R* & *P*. On commence par étendre sur le parquet *AB* le Globe

tout plissé, & l'on introduit au milieu son extrémité férieure, laquelle a la forme d'un long & large tu fait de deux parties qui s'ouvrent & se ferment à lonté en se repliant sur elles-mêmes, ce qui est cessaire pour y introduire les matieres combustib qui consistent dans de la paille bien sèche & des c sons de laine ou de toute autre substance anim mêlées en telle proportion qu'elles donnent le m de fumée qu'il sera possible : avant d'allumer le il faut avoir soin d'attacher au sommet *S* du G deux bouts de corde *SPM*, *SRN*, qui passent s poulies de renvoi *P*, *R* ; & des hommes appl en *M* & en *N* souléveront le Globe à l'aide de cordes, pour le disposer de maniere que les flan qui doivent s'élever du foyer *F* ne puissent attei le sommet *S* ; cette manœuvre se continue pen que les matieres brûlent, jusqu'à ce que le G soit entiérement dévelopé & gonflé : alors on l'a donne à lui-même, il s'éleve, suit la directio vent, & va chercher son équilibre à une certaine teur d'où il ne tarde pas à redescendre vers la

D'après ce simple exposé, on voit que *M*. *Montgolfier* ne remplissent leur Globe ni de *f* ni de *gaz inflammable extrait de la paille mo*. la pesanteur spécifique de la fumée differe peu d de l'air commun, & la paille mouillée ne d de gaz inflammable : mais on voit que *MM. de Montgolfier* prod une grande raréfaction d'air o car les flammes qui s'élevent gent l'air de s'échapper, du par l'ouverture inférieur que de l'air très-dilaté se dégage par la con Suivant *MM. de M*

tte substance aéro-gazeuse qui remplit leur Ballon, celle de l'air ordinaire comme 1 est à 2 : ainsi llon doit monter si le poids de l'envelope etant par le nombre de piés cubes de son volume, nne que 4 ou 5 gros, & cette regle, due à de *Mongolfier* eux-mêmes, est fondee sur ce pié cube d'air pese à peu-près 10 gros 54 grains. l suit aussi qu'il faut, pour réussir par ce procedé, lus grande capacité que si l'on employoit du gaz mable, & de plus qu'il faut laisser au Ballon ge ouverture pour y faire brûler les matieres, tion sans laquelle on s'exposeroit à mettre le feu elope elle-même. Tout Ballon cesse de monter u'il déplace un volume d'air atmosphérique qui autant que l'envelope & le fluide qu'elle renferme; ci ce fluide peut se dissiper par l'orifice que *MM. de olfier* laissent ouvert, & s'il étoit fermé, le Ballon endroit encore en très-peu de temps, parce que la elle de sa chûte est le refroidissement ou la con n de la substance aéro-gazeuse dont il est rempli. moyen de le soutenir dans l'air est de sus a l'orifice du Ballon un fourneau avec du feu ieres combustibles, ainsi que *MM. de Mont* ont pratiqué avec un plein succès.

o revenir à l'experience de *Versailles*, ce Maison aérostatique avoit 40000 piés pesoit 750 *liv.* elle deplaçoit d'air, & devoit monter avec u trouver son équilibre à la toises : mais au lieu de la le l'auroit pu, on aima rdeaux qui à eux tous lle hauteur elle pour ndante fut ainsi re le elevation où elle

pouvoit parvenir, à 420 toises : or il a été prouvé par des mesures prises avec soin, que ce Globe s'est elevé à 290 toises au-dessus du sol de *Versailles*, & qu'il a été porté à 1800 toises de distance, après avoir étonné tous les Spectateurs par l'immensité de son volume & la rapidité de sa course; donc la hauteur réelle a été les $\frac{29}{42}$ de la hauteur calculée, & si la même proportion eût subsisté dans le cas où la force ascendante eût été de 935 *liv.*, on voit que le Globe de *Versailles* auroit pu ne trouver son équilibre qu'à la hauteur de 1100 toises.

Graces immortelles en soient rendues à *MM. de Montgolfier*, il n'y a donc point de corps qu'on ne puisse faire flotter dans l'air, en le suspendant à un Ballon aérostatique, & tous ces corps peuvent ne trouver leur équilibre qu'à des hauteurs considérables. Cette découverte fera époque dans la Physique & dans l'Histoire, & vraisemblablement il en résultera un jour des applications d'une utilité réelle, les Physiciens substitueront la Globe aérostatique au cerf-volant dont ils se servent pour prendre l'électricité des nuages; peut-être même trouveront-ils les moyens de l'employer comme force mouvante, pour enlever des fardeaux à de grandes hauteurs ou au travers des précipices : enfin, ce Globe peut nous conduire à des découvertes importantes sur les différens états de l'atmosphere dans sa région supérieure, à des connoissances absolument neuves & dont nous n'avons pas plus d'idée que nous n'en avions du Globe avant l'expérience de *MM. de Montgolfier*. Pour ce qui est de la navigation aérienne, quelques personnes s'en occupent sérieusement; d'autres en ont beaucoup plaisanté jusqu'à ce que les succès étonnans des voyages aériens de *MM. le Marquis d'Arlandes*, *Pilatre de Rozier*, *Charles & Robert*, leur aient imposé silence. On cite à ce propos un Ouvrage de

Borelli, & l'on va jusqu'à dire, dans l'intention d'élever quelques nuages sur la gloire de *MM. de Montgolfier*, que leur expérience avoit été proposée & indiquée il y a plus de cent ans : pour mettre nos Lecteurs en état de décider cette question, nous entrerons ici dans un détail qui pourra les intéresser.

Borelli, savant distingué par ses profondes connoissances en *Géométrie*, en *Mécanique* & en *Anatomie*, naquit à *Naples*, en 1608, & mourut à *Rome* à la fin de 1679 ; c'est lui qui est l'auteur du Traité *de motu animalium*, estimé de tout le monde, & qui fut imprimé en 1680. Dans le chapitre *de volatu*, après avoir examiné de quelle maniere les oiseaux montent dans l'air, s'y soutiennent & redescendent vers la terre, *Borelli* établit cette proposition évidente, que l'homme ne sauroit voler par la force de ses muscles, & il ajoute que le seul moyen de s'élever dans l'air est de diminuer la pesanteur du corps de l'homme, non pas sa pesanteur absolue, ce qui est impossible, mais sa pesanteur spécifique & relative à l'atmosphere, de même, dit-il, qu'on peut faire nager sur l'eau une lame de plomb, en lui ajoutant une quantité de liége telle qu'il en résulte un composé de plomb & de liége aussi pesant que le volume d'eau déplacé par la partie submergée ; & pour mieux se faire entendre, l'Auteur cite les poissons à qui la nature a donné une vessie pleine d'air, qu'ils ont la faculté d'enfler & d'applatir, pour se mettre en équilibre avec l'eau, au point même qu'ils y demeurent en repos, comme si leurs corps étoient des masses d'eau, & voici ses expressions. *Restat solum-modò imminutio ponderis humani corporis, non absoluta, quæ impossibilis est, sed specifica & respectiva ad fluidum aëreum, sicuti lamina plumbi super aquam innatare poterit, si ei addatur tanta suberis moles quæ reddat compositum ex*

plumbo & subere æquè grave ac pendet aquæ moles æqualis parti demersæ. Et hoc artificio utitur natura in piscibus in quorum ventrem inseruit vesicam aëre plenam cum quâ in ipsâ aquâ æquilibrari possunt, ità ut ibidem quiescant non secus ac si essent moles aquea.

Jusques-là, rien n'indique l'expérience faite à *Annonay*, quoique *Borelli* en expose le véritable principe; mais ce qui suit est plus clair & plus énergique. *Hoc eodem artificio, quidam recentiores sibi suaserunt æquilibrari posse pondus humani corporis cum ipso aëre, additâ nimirùm vastâ vesicâ vacuâ vel rarissimo fluido repletâ, tantæ amplitudinis ut in medio aërei fluidi occupet spatium aëris quod æquè pendat ac vasta vesica unà cum ipso homine ei alligato:* C'est-à-dire, « quelques modernes ont cru que par » un mécanisme semblable à celui de la vessie des » poissons, le corps d'un homme pouvoit être mis » en équilibre avec l'air, en le suspendant à une » grande vessie vide d'air, ou pleine d'un fluide très- » rare, & d'une telle capacité qu'elle déplacât un vo- » lume d'air aussi pesant que la vessie & l'homme qui » voudroit s'y attacher ». Quiconque ne rapporteroit que ces paroles de *Borelli*, feroit croire sans peine que ce Savant avoit connu les moyens de faire flotter les corps dans l'air, à l'aide des Ballons aérostatiques; mais on ne doit pas dissimuler que l'Auteur du Traité *de motu animalium*, bien loin de donner quelques lumieres sur cette expérience, ne s'applique qu'à en faire voir l'impossibilité; il n'en parle que pour la réfuter avec une hardiesse & une confiance bien capables d'en détourner & de décourager: *At quàm sit vana eorum spes facilè percipimus*, & la raison qu'il en donne, c'est qu'il faudroit construire une immense vessie avec du métal très-mince. Or, supposant que la

pesanteur spécifique de ce métal fût à celle de l'eau distillée comme 77 à 10, & qu'on ne voulût donner à l'enveloppe qu'un quart de ligne d'épaisseur, je trouve que dans le cas d'un vide parfait, pour mettre ce Ballon en équilibre avec l'air pris à la surface de la terre, il faudroit qu'il eût 66 piés 9 pouces 9 lignes de diametre, ou bien une superficie de 14024 piés quarrés, une capacite de 156168 piés cubes & une masse de 13124 *liv.* egale à ce que peseroit le volume d'air déplacé; d'où l'on peut juger des dimensions qu'il faudroit donner à un pareil vase pour enlever un homme qui peseroit 135 ou 140 *liv.* à la hauteur seulement de 100 toises; mais après s'être donné des peines infinies pour en extraire l'air, opération qui dureroit peut-être plus d'un an, qu'arriveroit-il enfin? Ce vase de métal ne pourroit supporter l'énorme pression de l'air extérieur qui le briseroit ou l'applatiroit: *Membranosum illud vas resistere non posset contra validam aeris compressionem quæ illud diffringeret aut contunderet.*

Il est vrai que *Borelli* laisse entrevoir qu'au lieu de faire le vide dans le Ballon, on pourroit se contenter de le remplir d'un fluide très-rare, *rarissimo fluido*: mais *Borelli* ne dit point quel est ce fluide, en lisant son Ouvrage avec attention, on présume qu'il veut parler du fluide très-rare qui reste dans un vase après y avoir fait le vide à la maniere de *Toricelli*. Le gaz inflammable n'étoit point connu il y a 100 ans: on savoit quelque chose sur le *feu brisou* des mines de sel gemme & de celles de charbon de terre; on savoit encore que si l'on fait dissoudre du fer par de l'acide ou marin ou vitriolique, dans un flacon de 5 à 6 lignes d'ouverture, & qu'après l'avoir tenu bouché avec le doigt pendant quelques secondes, on présente à l'orifice une bougie allumée, la vapeur s'enflamme avec détonation

&

& continue de brûler tranquillement à l'orifice. Mais il y avoit loin de ces connoissances imparfaites au moyen que nous employons pour séparer les gaz de l'air ordinaire, & l'on ne soupçonnoit certainement pas que le gaz inflammable fût plus leger que l'air dans un rapport aussi sensible que celui de 13 à 107. *MM. de Montgolfier* ont employé ce gaz dans leurs essais, & ensuite à cause de son prix excessif & de la longueur de l'opération, ils y ont substitué un autre procedé, moins efficace, il est vrai, mais beaucoup moins coûteux & plus expéditif, puisque les 40000 piés cubes de la Maison aerostatique de Versailles, ont été remplis en 10 minutes: or, il n'y a rien dans l'Ouvrage de *Borelli*, qui puisse donner l'idee de l'un ou l'autre de ces deux procédés. La découverte de *MM. de Montgolfier* ne tient pas à une vérité nouvelle; ils n'ont fait qu'une grande & magnifique application d'une proprieté connue du gaz inflammable. Les Physiciens avoient soufflé avec ce gaz des bulles de savon plus légeres que l'air, mais ils n'avoient pas été plus loin. Il y a long-temps que nous remplissons des vessies avec du gaz inflammable; elles restent attachées à la terre: mais la plus petite réflexion devoit nous faire voir que les surfaces des solides semblables augmentant comme les quarrés des diametres, & les capacités comme les cubes, une plus grosse vessie & de même épaisseur, devoit enfin, remplie de gaz inflammable, déplacer un volume d'air qui pesât plus qu'elle-même, s'élever par conséquent dans les airs, & emporter avec elle des fardeaux jusqu'à la région de son équilibre: aucun Physicien n'y a songé, ou du moins ne l'a proposé. Pour imaginer cette experience, il n'y avoit qu'un pas à faire, mais c'étoit un pas de geant.

Borelli suppose ensuite qu'on puisse vaincre toutes ces difficultés qui lui paroissent insurmontables, il en

découvre de plus grandes encore dans les applications qu'on en voudroit faire à la navigation aérienne. Un Homme, dit-il, attaché à un Ballon aérostatique, seroit de même qu'un nuage, le jouet des vents : il monteroit malgré lui-même vers le sommet de l'atmosphere, ou retomberoit vers la terre, & ne pourroit pas être deux instans de suite en équilibre avec le même air : *In eodem præciso æquilibrio cum aere conservari non posset, & ideo aut invite ascenderet ad supremum aeris confinium, ad instar nubium, aut caderet in terram.* Et comme si de son temps on eût déja proposé d'adapter à ces Ballons des voiles, des mâts, des agrès de toute espece, & d'employer des puissances mécaniques pour aller contre la direction du vent, il insiste sur la résistance invincible que l'air opposeroit au moteur : *moveri tanta moles non posset ob aëris resistentiam.* Satisfait d'avoir ainsi réfuté les Ballons aérostatiques vides d'air, & leurs applications à la navigation aérienne, *Borelli* fait une courte récapitulation de tout ce qu'il a dit sur le vol des oiseaux & les mouvemens des poissons, sur la différence qu'il y a entre l'action de nager dans les airs & celle de nager dans les eaux ou de voguer sur leur superficie, & finit par cette réflexion sérieuse : « La nature ne » tente point ce qui est impossible. Il lui étoit facile » de mettre les poissons en équilibre avec l'eau, qui, » par elle-même, est très-pesante, mais il étoit im» possible que les oiseaux composés d'os, de chair & » de fluides, pussent être mis en équilibre avec l'air »: *Natura non ⁀greditur impossibilia. Aquæ valdè ponderosæ facilè pisces æquilibrari poterant, at erat impossibile ut aves compositæ ex carnibus, ossibus & fluoribus, cum aëre æquilibrari possent.*

Nous n'en dirons pas davantage sur les Ballons aérostatiques proposés du temps de *Borelli*, immédia-

tement après la découverte de *Toricelli* : il est de toute évidence que ces Ballons faits avec du métal, & ensuite purgés d'air, sont des êtres de raison, mais nous ferons observer que *Borelli* s'est trompé lorsqu'il a prétendu qu'un homme attaché à un Ballon ne seroit pas maître de monter & de descendre à volonté dans l'air : *MM, de Montgolfier*, par des expériences décisives, ont déja prouvé le contraire, sans employer du gaz inflammable, & avec un gros Ballon plein de ce gaz, les montées & les descentes alternatives paroissent encore plus faciles. Rien n'empêche, en effet, de suspendre à ce Ballon une sphere creuse de métal, que l'on rempliroit d'eau ou de toute autre liqueur; or, seroit-il impossible, en ouvrant avec les précautions convenables, le réservoir de gaz inflammable, d'en faire sortir une portion sans qu'elle fût remplacée par l'air de l'atmosphere? Le Ballon redescendroit alors vers la terre. Fermant ensuite ce réservoir, & faisant sortir une pinte, deux pintes, trois pintes d'eau de la boule de métal, le Ballon redeviendroit plus léger que le volume d'air déplacé, remonteroit une seconde fois, & ainsi de suite. (*Voyez la Fig. 6*). L'homme de cette expérience seroit dans le même cas que ces petites figures d'émail que nous faisons monter & descendre alternativement au travers de l'eau, pour expliquer le mécanisme de la vessie des poissons (*).

(*) Cette Dissertation étoit imprimée en grande partie avant que *MM. Charles & Robert* eussent annoncé au Public qu'ils avoient un moyen aussi simple que sûr de monter & de descendre dans l'air à volonté : non-seulement ils l'ont annoncé, mais ils l'ont prouvé avec un brillant succès, & en faisant usage d'un lest qui peut-être vaut mieux que celui dont il est ici question.

Les Ballons imaginaires dont parle *Borelli*, devoient être écrasés par la pression de l'air extérieur; mais ceux que nous remplissons de gaz inflammable, ne sont pas non plus à l'abri de tout accident : ils sont exposés à être brisés du dedans au dehors, par la force élastique du gaz, laquelle augmente sans cesse depuis la surface de la terre, jusqu'à l'endroit où le Ballon trouve son équilibre. La vérité de cette assertion doit se présenter d'elle-même à tous ceux qui sont un peu versés dans la mécanique des fluides élastiques; nous croyons néanmoins que la plupart de nos Lecteurs comprendront mieux ce que nous avons à dire, en donnant ici la description d'une expérience que nous avons faite plusieurs fois sur l'élasticité des gaz.

(*Fig. I.*) *A B* est la platine d'une pompe pneumatique, assujettie à côté de cette caisse pleine d'eau, dont on se sert pour les expériences des gaz & dont la tablette, baignée dans l'eau, est représentée par *CD*. Je pose sur cette tablette un récipient *c f g o* plein d'eau, garni d'un robinet *R*, qui porte un bout de tuyau *HG*, ouvert par les deux bouts. Sur la platine *AB*, recouverte de cuirs gras ou de cuirs mouillés, est un autre récipient beaucoup plus petit que *c f g o* : son goulot est préparé pour recevoir un baromètre *MN*, dont le tube est en grande partie dans l'air, & la boule dans l'intérieur du récipient, ce même goulot porte un autre bout de tuyau *IK*, semblable à *HG*. Enfin, le syphon *P Q R S*, s'adapte dans les tuyaux *IK* & *HG*, pour faire communiquer, lorsqu'on le juge à propos, les deux récipiens. Nous n'avons pas besoin de dire que toutes ces pièces doivent être ajustées de manière que l'air extérieur n'y puisse trouver aucun accès; & nous ne donnons pas leurs dimensions, parce qu'elles sont arbitraires : elles dépendent d'ailleurs des positions respectives de la platine *AB* & de la tablette *CD*.

Tout étant ainsi préparé, nous introduisons un gaz quelconque, par exemple, de l'inflammable, dans le récipient *cfgo*; il s'éleve au travers de l'eau en forme de bulles, qui représenteroient assez bien le Ballon aérostatique, si l'eau n'étoit pas incompressible & d'une densité uniforme dans toute sa masse. quoi qu'il en soit, ce gaz, par son élasticité, force l'eau du récipient de descendre dans la caisse, & se met en équilibre avec l'air extérieur; si l'eau est en *fg*, à un pié au-dessus du niveau *mn* de la caisse, & que l'atmosphere soit capable d'élever dans un tuyau d'aspiration, 31 piés d'eau, le gaz enfermé au-dessus de *fg* ne soutiendroit que 30 piés d'eau, & lorsque le gaz se trouve au niveau *mn* de la caisse, il a précisément la même force que l'atmosphere: faisant passer encore du gaz, il devient plus fort que l'air extérieur, à un tel point, que si le niveau *co* du récipient, étoit de 31 piés au-dessous du niveau *mn* de la caisse, le gaz inflammable produiroit par sa réaction, un effet double de celui que l'air extérieur est capable de produire. Pour notre objet, je suppose que le niveau *co* du récipient, soit au-dessous de *mn*, d'une quantité telle que le volume *mnoc*, soit égal à la capacité du récipient qui est sur la platine *AB*: il s'agit de faire voir que si l'on extrait du récipient *cfgo*, une portion de gaz capable d'emplir le récipient qui est en *AB*, & qu'ensuite on intercepte toute communication avec l'atmosphere, cette portion de gaz, quoique séparée de l'air & quoique beaucoup plus legere que l'air, produira néanmoins par sa réaction, le même effet que l'air. Je marque avec un fil la hauteur du barometre *MN*, & je pompe ensuite l'air du recipient *AB* pour faire descendre le mercure à une ou deux lignes au-dessus de son niveau: alors ouvrant le robinet *R* avec beaucoup de précaution,

je fais passer du gaz inflammable dans le récipient AB; & le barometre remonte à la hauteur marquée par le fil : cela doit être, puisque la pression de l'atmosphere se communique à l'eau, au gaz & au mercure qui est en N. Mais ayant fermé le robinet R, pour que l'air cesse d'agir sur le gaz qui est en AB, le barometre demeure suspendu à la même hauteur : voilà donc un fluide qui n'est que les $\frac{11}{107}$ de l'air, & qui soutient le mercure à la même hauteur que l'air, par la raison seule qu'il a été comprimé par l'air. Cette expérience peut être poussée plus loin; car on peut extraire tout le gaz du récipient AB & le remplir une seconde, une troisiéme, une quatriéme fois, suivant le rapport des capacités des deux récipiens, & à mesure que le niveau de l'eau s'éleve sous le récipient $cfgo$, le mercure du barometre se soutient de plus en plus bas, de sorte que 14 pouces d'élévation d'eau produisent à-peu-près une diminution d'un pouce : le contraire arriveroit si l'eau de la caisse etoit plus élevée que celle du récipient. Et si au lieu de gaz inflammable, on emploie du gaz de la craie, qui, suivant les experiences que nous avons faites, est à l'air ordinaire comme 321 à 229, les résultats sont les mêmes. Ceci peut répandre quelque jour sur la cause des variations du barometre, & donner lieu à plusieurs autres observations que nous passons sous silence, ne voulant entrer dans aucune discussion étrangere au sujet.

Lorsqu'on fait passer du gaz inflammable dans un Ballon aérostatique dont l'envelope est flexible, l'air extérieur s'oppose à l'expansion du Ballon, & le gaz qui entre ne peut le remplir & le développer, qu'en se mettant en équilibre par sa force élastique avec l'air extérieur. Représentons-nous deux barometres, l'un enfermé dans le Ballon, l'autre suspendu au Ballon; si le barometre extérieur est à 28 pouces, l'intérieur sera

aussi à 28 pouces, malgré la différence qu'il y a entre les pesanteurs spécifiques de l'air & du gaz. Dès que le Ballon commence à monter dans l'air, le barometre extérieur commence à baisser, tandis que l'intérieur demeure à la même hauteur; & le gaz qui est contenu dans le Ballon, presse les parois avec une force qui devient d'autant plus grande que le Ballon est plus élevé, s'il est parvenu à une hauteur où le barometre extérieur ne soit qu'à 14 pouces, on peut juger de la force prodigieuse avec laquelle le Ballon est pressé du dedans au dehors : il faut, ou que le gaz trouve une issue assez grande pour s'échapper, ou qu'il s'en fasse une lui-même dans l'endroit de moindre résistance, ou que les parois du Ballon réagissent avec autant de force qu'elles sont comprimées, avantage qu'il est difficile de se procurer avec du taffetas ou toute autre matiere flexible. C'est par cette raison que le Ballon du Champ de Mars, au lieu d'être long temps en l'air, comme on l'avoit cru, n'y fut pas seulement trois quarts-d'heure. Cette explosion qu'il fit dans l'air, & que l'on reconnut à une ouverture de 18 pouces, il ne faut pas l'attribuer au mélange du gaz inflammable avec l'air atmosphérique, mais uniquement à ce que le ballon étoit rempli d'un fluide élastique, ainsi que plusieurs Physiciens l'ont observé.

Parmi tant de Héros je n'ose me placer;

mais il me sera permis de dire, que depuis l'expérience d'*Annonay* j'avois fortement insisté sur l'explosion des Ballons & sur les précautions qu'il falloit prendre pour les prevenir; & je dirai encore que je n'eus pas l'avantage de convaincre tout le monde: les chûtes des Ballons ont parlé d'une maniere plus impérieuse que nos raisonnemens & que toutes les regles de la Statique.

Une autre observation qui ne doit pas être négligée; c'est qu'en supposant une ouverture au Ballon, il peut monter encore pendant quelque temps, quoique le gaz s'évapore; mais on ne doit pas juger de la vitesse avec laquelle ce gaz se dissipera, d'après quelqu'expérience faite à la surface de la terre. Je suppose que le Ballon perde une pinte de gaz par minute avant de partir; il y a telle hauteur où il perdroit dans le même temps plus de 800 pintes : ces propositions sont évidentes, par les principes de la *statique* de l'air, & l'on sent bien que le *Problême* des Ballons peut, dans toutes ses circonstances, être soumis au calcul le plus rigoureux. Nous ne dirons rien ici de la vitesse ascensionnelle du Ballon, laquelle n'est accélérée que pendant quelques instans, dans un air agité comme dans un air calme, nous ne dirons rien non plus du temps que le Ballon emploie pour parvenir à son équilibre : ces questions, quoiqu'utiles, sont trop compliquées, & ne doivent pas être placées dans un Ouvrage que nous avons voulu mettre à la portée de tous nos Lecteurs; nous nous bornerons à ce qu'il y a de plus intéressant & de plus nécessaire à savoir pour être en état de répéter, de calculer & d'apprécier la découverte de *MM. de Montgolfier*.

PROBLÊME I. *Tracer les fuseaux d'un Globe aërostatique.*

SOLUTION. Les fuseaux d'un Globe sont ordinairement au nombre de 12, de sorte que leur plus grande largeur représente 30 degrés de l'équateur, & leur hauteur totale les 180 degrés du méridien. Or les Géographes ayant observé qu'un fuseau de papier, lorsqu'il est collé sur une boule, augmente de dimensions en tout sens, & plus suivant la hauteur que suivant la largeur, ont établi cette regle que la largeur d'un fuseau destiné à être collé, doit être égale

à deux fois la corde de 15 degrés, & sa hauteur à six fois la corde de 30 degrés; mais ce principe n'a plus lieu dès qu'il s'agit d'un Globe aérostatique, dont les fuseaux ne doivent être collés ou cousus que par les bords, & l'on sent bien que la regle des Geographes devient ici d'autant plus défectueuse que le diametre du Globe doit être plus considérable. Soit supposé le rayon de 100000 parties; ayant mené (*Fig.* 3) la ligne droite *AB* égale à 314159 de ces parties, divisez-la perpendiculairement en deux parties égales par la droite *DE*, divisez ensuite la hauteur *AC* du demi-fuseau en 18 parties égales, & à chaque point de division, élevez une perpendiculaire *PM* sur laquelle vous porterez le nombre de parties tel que 15016 marqué vis-à-vis: par ce moyen, vous aurez 18 points de la courbe du fuseau, lesquels suffiront pour tracer le fuseau tout entier. Cette courbe, dont les abscisses sont *AP*, & les ordonnées *PM*, n'est pas un arc de cercle; elle est du genre de celles qu'on nomme *transcendantes*.

Exemple. On propose de tracer les douze fuseaux d'un Globe aérostatique de 12 piés de diametre, ou de 6 piés de rayon. Je multiplie successivement par 6 tous les nombres de la *Fig.* 3, & je divise les produits par 100000, les quotients évalués en piés, pouces & lignes sont les longueurs des ordonnées *PM*. Cette regle est très-simple & très-commode. Après avoir ainsi tracé les courbes des fuseaux, il faut les tailler; mais on aura soin de laisser à chacun d'eux la marge nécessaire pour qu'étant collés ou cousus, ils se trouvent avoir les dimensions données par le calcul.

Problême II. *Assembler les fuseaux d'un Globe aérostatique.*

Solution. Il seroit inutile de tracer avec exacti-

rude les courbes des fuseaux si on les colloit ou cousoit ensuite sur une surface plane; on doit les tenir appliqués pendant qu'on les assemble sur une superficie de même courbure que celle qu'on veut donner au Globe Pour m'en écarter le moins qu'il est possible, je me fers (*Fig. 4*) d'une lame circulaire *ADE* d'un pouce & demi de large, dont le rayon *CA* est égal à celui du Globe cette courbe, retenue par trois supports *CA*, *CD*, *CE*, qui tendent vers son centre *C*, est montée sur une base de bois que l'on assujettit avec deux écrous *F*, *G*, sur une table immobile. Ces précautions ne doivent pas être négligées si l'on veut tirer de l'enveloppe du Globe le parti le plus avantageux, parce que de tous les solides qui ont la même superficie, la sphere est celui qui a le plus de capacité.

Problême III. *Connoissant le poids d'un pié quarré de la superficie d'un Globe, trouver le diametre qu'il faut lui donner pour qu'étant plein de gaz inflammable, il soit en equilibre avec l'air pres de la surface de la terre.*

Solution. Divisez par 11339 le poids du pié quarré de l'enveloppe réduit en centièmes de grain; le résultat sera le diametre du Globe exprimé en piés. Par exemple, si la superficie doit peser 6 gros ou 43200 centièmes de grain par pié quarré, je divise 43200 par 11339, le quotient 3,801 m'indique qu'en faisant un Globe de 3 piés 8 pouces 7 à 8 lignes de diametre avec une matiere qui ne pese que 6 gros par pié quarré, ce Globe, rempli de gaz inflammable, se mettroit en équilibre avec l'air près de la surface de la terre; d'où il suit qu'en le faisant de 4 piés ou plus de diametre, il doit quitter la terre, & s'élever dans les airs. Et si le Globe devoit être rempli de la substance aëro-gazeuse que *MM. de Mont-*

golfier ont substituée au gaz inflammable, au lieu de diviser 43200 par 11339, il ne faudroit diviser ce même nombre que par 6455, & l'on trouveroit 6,692, c'est-à-dire que le Globe en question devroit avoir un diametre de 6 piés 8 pouces 4 lignes, presque double du diametre que nous venons d'assigner au Globe plein de gaz inflammable: en un mot, les diametres de ces deux Globes seront en raison inverse de 11339 à 6455.

Problême IV. *Etant donné le diametre d'un Globe qu'on veut remplir de gaz inflammable, trouver quel doit être le poids d'un pié quarré de l'enveloppe pour que le Globe soit en équilibre avec l'air près de la surface de la terre.*

Solution. Multipliez le diametre du Globe exprimé en piés par 11339, & le produit sera en centiemes de grain le poids d'un pié quarré de l'enveloppe: faisant donc cette enveloppe un peu plus légere, on sera sûr que le Globe montera de lui-même vers le haut de l'atmosphere.

Quoique les solutions des deux Problêmes précédens ne présentent aucune difficulté, on sera bien aise d'avoir sous les yeux un Tableau des circonférences, des surfaces & des capacités de différens Globes, afin de pouvoir juger tout d'un coup de la grandeur de l'enveloppe, du prix du Globe, & de l'effet qu'il peut produire: c'est dans cette vue que nous avons dressé le *Tableau I*, en faisant croître les diametres de pié en pié depuis 1 jusqu'à 36; nous y avons même ajouté le poids du volume d'air déplacé par le Globe près de la surface de la terre, ainsi que le poids du volume de gaz qu'il faudroit pour le remplir, en supposant toujours, d'après nos expériences, que l'air est à l'eau distillée comme 1 à 833, & le gaz inflammable

bien pur à ce même air comme 13 à 107. Nous avons déja publié un extrait de ce Tableau pour les Globes depuis 10 piés de diametre jusqu'à 24, mais nous avions un peu augmenté tous les volumes, de telle maniere qu'un Globe de 100 piés de diametre auroit eu 534071* piés cubes de capacité, au lieu de 523599: nous n'avons fait ici aucun usage de ces augmentations, & nous donnons les véritables capacités.

PROBLÊME V. *Connoissant le poids du volume d'air deplacé près de la surface de la terre par un Globe qui doit monter de lui-même dans l'air, & le poids total de ce Globe, trouver à quelle hauteur il se mettra en equilibre.*

SOLUTION. Nous sommes dans l'air comme des poissons dans l'eau, & l'ascension d'un Ballon plein d'un fluide plus léger que l'air, est aussi naturelle que l'ascension d'une boule de cire au travers de l'eau: cette comparaison est très-défectueuse, mais elle est à la portée de tout le monde, au lieu que tout le monde n'entendroit pas que l'expérience de *MM. de Montgolfier* consiste à faire monter au travers d'un fluide elastique un autre fluide elastique plus léger, retenu dans une enveloppe flexible. Or de même qu'une boule de cire qui remonte au travers d'une eau tranquille, se met enfin en équilibre à la surface après quelques oscillations, & s'enfonce dans l'eau jusqu'à déplacer un volume d'eau qui pese autant qu'elle-même, on sent bien que l'atmosphere étant composée d'une infinité de couches dont les densités diminuent à mesure qu'on s'éloigne de la surface de la terre, le Ballon qui monte rencontre un air de plus en plus léger, & doit enfin se mettre en équilibre, nager entre deux airs comme on voit des corps nager entre deux eaux. Il seroit curieux de savoir au juste à quelle hauteur

un Ballon cesse de monter, & nous avons publié, il y a trois mois, un essai sur cette matiere sujette à quelques difficultés, parce qu'il y entre un peu d'arbitraire. deux Geometres obtiendront toujours dans cette circonstance des resultats differens, à moins qu'ils ne soient convenus de partir des mêmes suppositions, & de faire les calculs de la même maniere. Ce qu'il y a de certain c'est que *l'equilibre a lieu lorsque le volume du Ballon multiplie par la pesanteur specifique de l'air ambiant, donne un produit egal a ce que pese tout le Ballon*; je veux dire, son envelope, le gaz qu'il contient & les fardeaux qu'il emporte avec lui. Il est certain encore, d'après les experiences faites avec le pendule à differentes élevations au dessus du niveau de la mer, que les differentes densites ou pesanteurs specifiques de l'air sont proportionnelles à ses differens degrés d'élasticité ou aux différentes hauteurs du barometre, & cette propriété de l'air ne contredit point le principe établi ci-dessus, que l'air & un gaz quelconque se font équilibre par leurs élasticités, quoique leurs pesanteurs spécifiques soient très-differentes. Cela posé, si le barometre est à 14 pouces dans un endroit, à 28 pouces dans un autre, les elasticites de l'air en ces deux endroits étant comme 1 à 2, nous en conclurons que ses densités seront aussi dans le rapport de 1 à 2, & *vice versâ*. Donc, sachant qu'un Ballon pese 1, par exemple, & qu'il déplace un volume d'air qui, près de la surface de la terre, pese 3, nous sommes fondés à dire qu'il se mettra en équilibre dans un endroit où la hauteur du barometre ne seroit que le tiers de cette hauteur observée à l'endroit d'où le Ballon est parti. Il y a differentes regles pour mesurer les hauteurs au-dessus du niveau de la mer par la difference des hauteurs du barometre, mais apres les avoir examinées

toutes autant que nos foibles lumieres nous l'ont pu
pu permettre, nous avons adopté dans le cas présent
celle de *Maraldi* jusqu'à 1225 toises au-dessus du
niveau de la mer, & passé ce terme, celle de *Bouguer*,
en supposant la hauteur du barometre de 28
pouces ou de 336 lignes à 31 toises au-dessus de l'Océan,
& de 339 lignes au niveau même de l'Océan: enfin
nous avons supposé que la temperature de l'atmosphere
étoit uniforme dans toutes ses couches, & d'environ
12 degrés au-dessus de zero, ce qui ne pouvant
pas être, nos calculs, par cette nouvelle cause, sont
tous affectés de quelqu'autre inexactitude, mais ils ne
doivent pas s'éloigner beaucoup de la vérité, & ils
sont utiles pour établir des comparaisons. C'est ainsi
que nous avons calculé le *Tableau H*, dans lequel
la densité de l'air à l'endroit de l'équilibre, ou bien
le poids total du Ballon, est exprimé en centiemes
de la densité de l'air à la surface de la terre, ou, ce
qui revient au même, en centiemes du poids du volume
d'air déplacé par le Ballon au moment qu'il
commence à s'élever dans l'atmosphere. Pour montrer
l'usage de ce *Tableau*, supposons que l'on veuille
savoir à quelle hauteur pourroit s'élever un Ballon
qui pesera les $\frac{3}{4}$ de ce que nous appelons l'air déplacé:
il faut réduire $\frac{3}{4}$ en centiemes, ce qui donnera 0,75;
& consultant le *Tableau*, on voit tout d'un coup
qu'à l'endroit de l'équilibre le barometre ne feroit
qu'à 252 lignes, & qu'alors le Ballon feroit à 1420
toises au-dessus de la mer. Si nous pouvions enfermer
une bulle de gaz inflammable dans une enveloppe
inextensible & non pesante, cette bulle iroit se mettre
en équilibre à la hauteur d'un peu plus de 9000 toises.

Les autres *Problêmes* que l'on peut proposer sur les
Ballons aérostatiques, demandent le secours de l'*Algebre*:
nous allons, en conséquence, donner ici les for-

mules nécessaires avec le plus de précision & de clarté qu'il nous sera possible. 1 à c le rapport du diametre à la circonférence, a le diametre du Globe exprimé en piés, m ce que pese un pié cube d'air, près de la surface de la terre, n ce que pese un pie cube de gaz inflammable ou de toute autre substance aëriforme dont le Ballon doit être rempli, p ce que pese un pie quarré de la superficie du Globe, observant que m, n, p, doivent être des quantités de même espece.

Ces suppositions faites, la circonference de notre Globe sera exprimée par ac en piés linéaires, la surface par a^2c en piés quarrés, le volume par $\frac{a^3c}{6}$ en piés cubes; & la matiere du Globe pesera a^2cp, le volume du gaz $\frac{a^3cn}{6}$, le volume de l'air déplacé $\frac{a^3cm}{6}$, bien entendu que nous regardons l'épaisseur de l'envelope comme infiniment petite ou nulle.

Donc pour que le Globe soit en equilibre avec l'air près de la surface de la terre, il faudra que l'on ait $\frac{a}{6}(m-n) = p$; mais pour plus de généralité, suspendons au Globe un fardeau exprimé par x en quantités de même espece que m, n & p : il est permis dans le calcul de supposer que ce fardeau est uniformément distribué sur toute la superficie a^2c du Ballon, laquelle pesera alors par pie quarré $p + \frac{x}{a^2c}$ que je fais $= P$; de sorte que la condition de l'équilibre sera $\frac{a}{6}(m-n) = P$. Soit $n = 0$, il vient $\frac{am}{6} = P$, c'est le cas des Ballons vides d'air dont parle *Borelli*. Soit $n = \frac{11}{107} m$ & $m = 77445$ cen-

niemes de grain; nous aurons $11339\,a = P$: c'eſt le cas où le Ballon eſt rempli de gaz inflammable. Enfin, ſoit $n = \frac{m}{2} = 38723$ centiemes de grain, & notre formule ſe réduit à celle-ci $6455\,a = P$: c'eſt le cas où l'on fait uſage du procédé de *MM. de Montgolfier.*

Je nomme z la peſanteur d'un pié cube d'air dans une ſituation quelconque du Globe, ſuppoſé parfaitement plein & d'une matiere inextenſible : l'equilibre aura lieu lorſque nous aurons $\frac{a}{6}(z - n) = P$, équation dans laquelle z eſt toujours plus grande que n, P ne pouvant jamais être ni zéro, ni une quantité négative. Cette variable z devient égale à $\frac{6P}{a} + n$, au moment de l'équilibre, d'où il ſuit que nommant r la hauteur du barometre au niveau de la mer, cette hauteur pour la denſité z de l'air, devient $\frac{r}{m}\left(\frac{6P}{a} + n\right)$; ſoit cette derniere quantité $= e$, & nous aurons la formule $a\,(em - nr) - 6\,Pr = 0$ qui ſervira à réſoudre le *Probléme* propoſé dans tous les cas où le diametre du Globe ſera donné : mais, ſi ce diametre eſt inconnu, il faut ſe rappeler que $P = p + \frac{x}{a^2c}$; & la formule précédente deviendra par cette ſubſtitution, $a^3(em - nr) - 6a^2pr - \frac{6rx}{c} = 0$. Faiſant $e = r$, pour connoître le diametre du Globe dans la ſimple ſuppoſition qu'il demeure en équilibre près de la ſurface de la terre, nous aurons $a^3(m - n) - 6\,a^2P - \frac{6x}{c} = 0$.

S.

Si le Globe ne doit pas être totalement rempli, précaution qu'il est à propos de prendre, afin de prévenir ou du moins de retarder la dissipation du gaz & peut-être l'explosion, il faut, avant tout, faire deux importantes observations, l'une que la hauteur à laquelle le Globe se mettra en équilibre, doit être donnée, l'autre que pour tirer du Globe tout l'avantage possible, la quantité de gaz qu'on y introduira, doit être telle qu'elle remplisse toute la capacité du Globe à l'endroit de l'équilibre. Cela posé, ne remplissons qu'une portion v de sa capacité : pour qu'il soit prêt à quitter la terre, il faudra que l'on ait $v = \frac{6P}{a(m-n)}$. Par exemple, le Globe qui s'est élevé au Champ de Mars le 27 *Août* 1783, pesoit à peu-près 6 gros ou 43200 centiemes de grain par pié quarré, & avoit 12 piés de diametre ; à quel point falloit-il le remplir pour le mettre en équilibre avec l'air près de la surface de la terre ? On trouvera $v = \frac{547}{1087}$, ce qui ne differe pas beaucoup d'$\frac{1}{2}$: d'où on voit que si l'on ne l'eût rempli qu'à moitié, il se seroit élevé mieux encore qu'étant plein, ainsi que nous allons le prouver : mais nous remarquerons auparavant, que si un Ballon rempli en partie de gaz inflammable ou de tout autre fluide élastique, s'éleve au travers de l'atmosphere, le gaz, par son ressort, augmente de volume à chaque instant, & pousse les parois extensibles du Ballon, qui, par ce moyen, deplace un plus gros volume d'air que lorsqu'il étoit plus bas, de sorte que, dans cette supposition, la pesanteur spécifique du gaz diminue jusqu'à la région de l'équilibre où elle n'est plus qu'une fraction v de la pesanteur spécifique de ce même gaz pris à la surface de la terre. Il suit delà, que si un Ballon rempli en partie de gaz inflammable, commence une fois à s'élever dans l'air,

il montera plus haut que s'il fût parti absolument plein, & fera moins en danger de crever; la seule difficulté qui reste, est de déterminer jusqu'à quel point il faut le remplir, pour qu'il s'élève indubitablement, & pour qu'il cesse de monter au moment que l'enveloppe sera toute remplie par le gaz raréfié : or, nommant g ce que doit peser un pié cube de l'air qui fera équilibre au Ballon, je trouve que toutes les circonstances du *Problême* proposé sont exprimées ainsi, $a^3(g - nv) - 6a^2p - \frac{6x}{c} = 0$; d'où l'on déduit $v = \frac{ag - 6P}{an}$; & comme il faut d'ailleurs que l'on ait, près de la surface de la terre, $v = \frac{6P}{a(m-n)}$, ce *Problême* est susceptible de plusieurs solutions dans lesquelles, cependant, g ne peut être ni plus grande que $\frac{6Pm}{a(m-n)}$, ni plus petite que $\frac{6P}{a} + n$. Pour le Globe du Champ de Mars, les limites de g étoient 4 gros $\frac{102}{1000}$ & 3 gros $\frac{415}{1000}$, ou bien, suivant le *Tableau II*, le *maximum* de l'élévation à laquelle ce Globe, non rempli en totalité, pouvoit parvenir, étoit de 5000 toises & un peu plus, & le *minimum* de 4000 toises ou à-peu près. Soit $g = 3$ gros $\frac{361}{1000}$, & substituons les valeurs numériques des lettres a, g, P, n, dans l'equation $v = \frac{ag - 6P}{an}$; nous aurons $v = \frac{861}{1167}$. Il ne faut pas, au surplus, s'arrêter strictement à ce résultat, parce que le gaz doit se condenser un peu dans la partie haute de l'atmosphère, & parce que l'enveloppe du Ballon, toute flexible qu'elle est, oppose néanmoins une certaine résistance à l'expansion du gaz, laquelle résistance

est ici avantageuse ; mais il est toujours assez bien prouvé que si on n'eût rempli qu'aux $\frac{2}{3}$ le Ballon du Champ de Mars, il se seroit elevé certainement sans faire d'explosion & peut-être à la hauteur de 4500 toises ; on sent bien aussi qu'il auroit coûté $\frac{1}{3}$ de moins à remplir, ce qui montre combien sont utiles les regles & les formules que nous venons d'exposer. La decouverte de *MM. de Montgolfier* a rappelé & mis dans tout son jour cette verite trop oubliee parmi nous, que la Physique expérimentale a besoin d'être éclairée par le calcul, cette science n'a rien de solide si elle n'est alliée à la Geométrie, & la Geometrie doit une grande partie de sa gloire à son application à la Physique.

La *Fig. 5*, represente le procéde que nous employons, pour remplir de gaz inflammible, des Ballons aérostatiques de mediocre grosseur, procede qui étoit connu de tous les Physiciens, avant qu'il fût question de l'expérience d'*Annonay*. *AB* est la partie superieure d'un réservoir de cristal, de fer-blanc, de bois ou de toute autre matiere susceptible de retenir l'eau : il est garni d'un robinet *R*, auquel on adapte le Ballon *G* bien plissé pour en faire sortir le plus d'air qu'il est possible. C'est dans le reservoir *A B*, plein d'eau, que nous faisons le gaz, en faisant dissoudre du fer par de l'acide vitriolique, affoibli avec une quantité d'eau plus ou moins grande, suivant le degré de concentration de l'acide. Par ce moyen, on obtient le gaz dans un état de pureté qu'on ne sauroit se procurer en le faisant passer immédiatement dans le Ballon : car, la dissolution du fer par l'acide vitriolique, ne se fait qu'avec beaucoup d'effervescence, accompagnée de chaleur; l'eau qui est dans l'acide, & quelquefois aussi un peu d'acide, se réduit en vapeur qui remplit le tuyau de verre, adapte d'une part au vase où se fait la dissolution, & plongé dans

l'eau par son autre extrémité : cette vapeur se mêle & se combine avec l'eau de l'appareil, & ne fait aucun tort à nos expériences; mais si elle passe dans le Ballon, elle s'y refroidit, s'y condense, s'attache aux parois & ne sert qu'à les rendre plus pesantes; elle peut même les trouer si elle contient de l'acide. Cet acident qui a fait manquer plusieurs expériences, n'est pas nouveau pour les Physiciens : il y a plus d'un an du moins que je l'avois observé, ayant voulu faire passer à sec du gaz inflammable dans des vessies, pour des épreuves qui n'avoient aucun rapport au Ballon de *MM. de Montgolfier*. Lorsque le réservoir *A B* est rempli de gaz, on le plonge perpendiculairement dans la grande caisse qui est alors pleine d'eau, & ouvrant le robinet *R*, le gaz remplit tout d'un coup le Globe, étant chassé du réservoir *A B* par l'eau qui remonte en dedans : ce même procédé, à quelques différences près, peut servir pour les gros Ballons.

CEUX qui seront curieux d'approfondir le Problême des Globes aérostatiques, ne pourront mieux faire que de consulter l'Ouvrage que M. FAUJAS DE SAINT-FOND vient de publier sur cette matière; ils y trouveront une Lettre aussi instructive que savante de M. MEUSNIER, Officier au Corps Royal du Génie.

Lu & approuvé, ce 8 Décembre 1783. DE SAUVIGNY.
Vu l'Approbation, permis d'imprimer, ce 10 Décembre 1783. LE NOIR.

De l'Imprimerie de CHARDON, rue de la Harpe.

TABLEAU I.

Diametres	Circonférences.	Surfaces.	Capacités.	Air déplacé.	Gaz enfermé.
Piés	Piés	Piés quarrés	Piés cubes	Livres	Livres
1	3,142	3,142	0,5236	0,044	0,005146
2	6,285	12,566	4,185	0,352	0,04277
3	9,425	28,27	14,137	1,188	0,14455
4	12,566	50,27	33,51	2,816	0,3412
5	15,708	78,54	65,45	5,500	0,6682
6	18,810	113,10	113,10	9,504	1,1547
7	21,99	153,94	179,59	15,092	1,8556
8	25,13	201,1	268,1	22,55	2,737
9	28,27	254,5	381,7	32,08	3,897
10	31,42	314,2	523,6	44,00	5,346
11	34,56	380,1	696,9	58,56	7,115
12	37,70	452,5	904,8	76,03	9,237
13	40,84	530,9	1150,3	96,67	11,745
14	43,98	615,8	1436,7	120,74	14,669
15	47,12	706,9	1767,1	148,50	18,042
16	50,27	804,2	2145	180,22	21,90
17	53,41	907,9	2572	216,2	26,26
18	56,55	1017,9	3054	256,6	31,18
19	59,69	1134,1	3591	301,8	36,67
20	62,83	1256,6	4189	352,0	42,77
21	65,97	1385,4	4849	407,5	49,52
22	69,10	1520,5	5575	468,5	56,92
23	72,26	1662,9	6371	535,4	65,04
24	75,40	1809,6	7238	608,3	73,90
25	78,54	1963,5	8181	687,5	83,55
26	81,68	2124	9203	773,3	93,96
27	84,82	2290	10306	866,0	105,22
28	87,97	2463	11494	965,9	117,53
29	91,11	2642	12770	1075	130,58
30	94,25	2827	14137	1188	144,34
31	97,39	3019	15598	1311	159,26
32	100,53	3217	17157	1442	175,17
33	103,67	3421	18817	1581	192,11
34	106,81	3632	20580	1729	210,1
35	109,96	3848	22449	1886	229,2
36	113,10	4072	24429	2031	249,4

TABLEAU II.

Poids ou densité du Ballon ou densité de l'air à l'endroit de l'équilibre, le poids ou la densité de l'air déplacé à la surface de la terre étant exprimée par 1.	Hauteur du Baromètre à l'endroit de l'équilibre.	Poids d'un pié cube à air à l'endroit de l'équilibre	Hauteur de l'endroit de l'équilibre au dessus du niveau de la mer
	Lignes	Gros	Toises
0,12	40,32	1,2907	9114
0,14	47,04	1,5059	8466
0,16	53,76	1,7220	7906
0,18	60,48	1,9362	7412
0,20	67,20	2,151	6969
0,22	73,92	2,366	6559
0,24	80,64	2,582	6204
0,26	87,36	2,797	5868
0,28	94,08	3,012	5557
0,30	100,80	3,227	5167
0,32	107,52	3,442	4995
0,34	114,24	3,657	4742
0,36	120,96	3,872	4502
0,38	127,68	4,087	4275
0,40	134,40	4,302	4059
0,42	141,12	4,518	3854
0,44	147,84	4,733	3659
0,46	154,56	4,948	3472 ½
0,48	161,28	5,163	3291
0,50	168,00	5,378	3125
0,52	174,72	5,593	2958
0,54	181,44	5,808	2800
0,56	188,16	6,024	2647
0,58	194,88	6,239	2500
0,60	201,60	6,454	2357
0,63	211,68	6,776	2152
0,66	221,76	7,099	1957
0,69	231,84	7,422	1770
0,72	241,92	7,745	1591
0,75	252,00	8,067	1410
0,78	262,08	8,390	1256
0,82	275,52	8,715	1031,18
0,85	285,60	9,143	776,10
0,89	299,04	9,571	556,00
0,94	315,84	10,111	278,24
0,99	332,64	10,649	67,12

FIN.

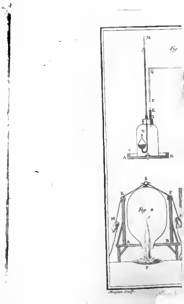


Fig
M
Q
P
K
I
N
A
B
S
R
P
Fig. 2
M
A
B
Mangain Sculp.

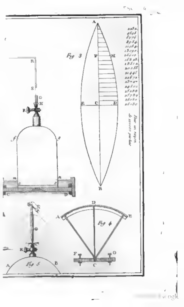


Fig 3
A
V
M
E
C
D
B
Pour un rayon de 100000 parties
R
S
G
H
f
g
m
n
C
D
Fig 4
A
D
E
F
G
C
Fig 5
A
B

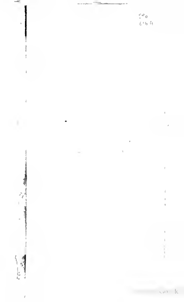



Fig 6

